

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



(12) Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

(51) Int. Cl. 6:  
G 01 N 22/00

12

(87) EP 0478 699 B1

(10) DE 690 22 421 T 2

DEUTSCHES

PATENTAMT

(21) Deutsches Aktenzeichen: 690 22 421.4  
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US90/03718  
(86) Europäisches Aktenzeichen: 90 911 338.3  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 91/00996  
(86) PCT-Anmeldetag: 2. 7. 90  
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: 24. 1. 91  
(87) Erstveröffentlichung durch das EPA: 8. 4. 92  
(87) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 13. 9. 95  
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18. 4. 96

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

07.07.89 US 376782

(73) Patentinhaber:

Atlantic Richfield Co., Plano, Tex., US

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(84) Benannte Vertragstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

SCOTT, Bentley, Richardson, TX 75081, US; YANG, Sam, Y., Dallas, TX 75248, US

*John Scott*

Sam Yang

(54) MIKROWELLENVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM MESSEN VON FLÜSSIGKEITSMISCHUNGEN.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingezahlt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 22 421 T 2

DE 690 22 421 T 2

90 911 338.3  
EP 0 478 699

#### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

##### Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Apparat, das bzw. der einen ungepufferten Oszillator zur Erzeugung von Strahlung im Mikrowellenfrequenzbereich für die Messung der Zusammensetzung von Wasser-Öl und anderen Eigenschaften von Mischungen von Materie beinhaltet, und wobei insbesondere die Mischung eine relativ hohe Konzentration von Wasser in einer Wasser-Öl-Mischung aufweist.

Diese Erfindung steht mit unserer älteren parallel anhängigen Anmeldung in Beziehung, die als US-A-4,862,060 (EP-A-0 268 399) veröffentlicht ist und den Titel trägt "Microwave Apparatus for Measuring Fluid Mixtures" (Mikrowellenapparat zur Messung von Fluidmischungen). Die ältere Beschreibung bzw. Patentschrift, auf die der Leser verwiesen wird, offenbart die Merkmale, die in dem Oberbegriff des Anspruches 1 hiervon wiedergegeben sind.

US-A-3,079,552 offenbart die Bestimmung eines Feuchtigkeitsanteils, indem der Leistungsverlust bei konstanter Frequenz gemessen wird.

### Hintergrund

Unsere oben in Bezug genommene Patentschrift beschreibt einen Apparat auf der Grundlage von Mikrowellen zur Messung der Konzentration einer Flüssigkeit in einer anderen, insbesondere von relativ niedrigen Konzentrationen von Wasser in Öl. Bei der Herstellung und dem Transport von Rohöl ist es z.B. wichtig, in der Lage zu sein, die Menge an Wasser zu bestimmen, das mit Rohölen gemischt ist, das häufig als natürlich produziertes Wasser oder Wasser, das mit Öl infolge eines gewissen Wasserspeicher- bzw. Speicher-Stimulationsprozesses gemischt wurde, vorliegt. In einigen Fällen treten relativ hohe Prozentsätze an Wasser in Öl auf, und zwar als eine Folge einer Erzeugung aus Ausbildungen bzw. Formationen, die einen sog. "hohen Wasserschnitt" ("high waer cut") aufweisen. In vielen Rohölspeichern bzw. Rohölreservoirn kann der Prozentsatz an Wasser in der hergestellten Flüssigkeitsmischung leicht 50% übersteigen und bis auf 80% oder 90% gehen, zumindest zu verschiedenen bzw. mehreren Zeiten während des Herstellungsprozesses.

Der Apparat, der in 4,862,060 beschrieben ist, stellt eine ungepufferte oder unisolierte bzw. nicht isolierte, freilaufende Oszillatorschaltung bereit, die an einen Fluidmessungsabschnitt angeschlossen ist, der einen koaxialen Übertragungspfad mit einem Rohr aufweist, das einen zentralen Leiter aufweist, der sich durch das Rohr erstreckt und bei welchem das Rohr selbst einen Teil des leitenden Pfades oder der leitenden Schaltung bildet. Der Apparat ist in der Lage, eine Änderung in der Betriebsfrequenz des Oszillators als Funktion der Änderung der Zusammensetzung der Flüssigkeitsmischung festzustellen, die durch das Rohr des Meßabschnittes geleitet wird. Insbesondere wird der Apparat genutzt, um die Änderung im Prozentsatz an Wasser zu bestimmen, das in dem Ölstrom enthalten ist, und zwar bei relativ niedrigen Prozentsätzen (weniger als 5% bis 10%)

von Wasser in Öl, wobei das Wasser als dispergierte Tröpfchen einer Wasser-in-Öl-Emulsion vorliegt.

Bei relativ niedrigen Prozentsätzen von Wasser in Öl kann die Änderung in der Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung leicht gemessen werden und mit einer vorher aufgestellten Beziehung zwischen der Betriebsfrequenz des Oszillators und der Zusammensetzung der Wasser-in-Öl-Mischung verglichen werden, um den Wasseranteil bzw. den Wasserinhalt zu bestimmen. Wenn jedoch der Wasseranteil der Mischung bzw. der Zusammensetzung auf etwa 50 Vol.-% bis 86 Vol.-% zunimmt, wird die Mischung zu einer Öl-in-Wasser-Emulsion umgekehrt bzw. invertiert und ein metallischer Außenleiter/metallisches Außenrohr, der bzw. das in direktem Kontakt mit der gemessenen Mischung ist, wird einem Verlust bzw. einer Abnahme an Feldintensität unterzogen bzw. macht einen derartigen Verlust mit, und zwar aufgrund eines Kurzschlusses zwischen den Leiterelementen. Dieser Effekt macht den zuvor erwähnten Apparat im wesentlichen ungeeignet für eine Messung des Wasseranteils der Mischung bzw. der Zusammensetzung.

Jedoch beinhalten in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, die im folgenden festgelegt wird, ein Apparat und ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Materials bzw. Stoffes die Messung eines Leistungsverlustes einer Mikrowellenstrahlung, die durch die Vorrichtung gesandt wird bzw. die sich dadurch ausbreitet, und sie können verwendet werden, um den Wasseranteil einer Flüssigkeitsmischung oder Zusammensetzung, die einen relativ hohen Prozentsatz an Wasser aufweist, einschließlich einer Öl-in-Wasser-Emulsion, zu bestimmen.

Der Apparat verwendet Mikrowellenenergie, deren Frequenz, wenn sie über eine Übertragungsleitung gesandt wird, mit der Konzentration wenigstens eines Mediums in

einer Materialzusammensetzung, die als ein dielektrisches Material in der Transmissionsleitung vorliegt, variiert.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, um eine Eigenschaft einer Zusammensetzung an Materie zu bestimmen, die die Änderung der Mikrowellenstrahlungscharakteristiken verwendet und die folgenden Schritte aufweist:

die Materie wird in einem Meßabschnitt angeordnet, der eine Einrichtung aufweist, um Mikrowellenstrahlung dadurch zu übertragen;

Mikrowellenstrahlung wird mittels einer Oszillatorschaltung bei einer Frequenz erzeugt und durch den Meßabschnitt übertragen, die sich mit einer Änderung in der komplexen Impedanz der Oszillatorlast ändert, die die Eigenschaften der Zusammensetzung der Materie in dem Meßabschnitt beinhaltet;

die Betriebsfrequenz, wie sie sich durch die Eigenschaft verändert, wird gemessen;

die Betriebsfrequenz oder deren Änderung und der Leistungsverlust bei der Betriebsfrequenz werden mit deren Referenzwerten für eine bekannte Bedingung der Zusammensetzung der Materie verglichen, um die Eigenschaft zu bestimmen.

Bei einem anderen Aspekt wird ein Apparat zur Messung einer Eigenschaft einer Zusammensetzung von Materie bereitgestellt, der die Änderung der Mikrowellenstrahlungscharakteristik verwendet und folgendes aufweist:

eine Einrichtung, die einen Meßabschnitt bildet, der eine Einrichtung aufweist, um Mikrowellenstrahlung dort hindurch zu übertragen;

eine Oszillatorschaltung, die betriebsmäßig mit der Einrichtung zur Übertragung von Mikrowellenstrahlung verbunden ist und die eine Betriebsfrequenz aufweist, die sich mit einer Änderung in der komplexen Impedanz der Os-

zillatorlast ändert, die die Eigenschaften der Zusammensetzung der Materie in dem Meßabschnitt beinhaltet; und der gekennzeichnet ist durch

eine Einrichtung zur Messung der Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung, wie sie durch die Eigenschaft geändert wird;

eine Einrichtung zur Messung des Leistungsverlustes der Mikrowellenstrahlung in dem Meßabschnitt bei der Betriebsfrequenz;

wobei die Betriebsfrequenz oder deren Änderung und der Leistungsverlust bei der Betriebsfrequenz mit deren Referenzwerten für eine bekannte Bedingung der Zusammensetzung der Materie verglichen werden, um die Eigenschaft zu bestimmen.

Somit fließt ein Fluidmedium durch ein Rohr, das einen äußeren Leiter bildet, indem ein zentraler Leiter angeordnet ist, der eine Abdeckung bzw. Umhüllung mit einem Material mit geeigneten dielektrischen Eigenschaften aufweist, um die Messung relativ hoher Konzentrationen einer Flüssigkeit in einer anderen zu ermöglichen.

Der Apparat kann einen relativ hochfrequenten, ungepufferten, freilaufenden Oszillator aufweisen, der Energie im Hochfrequenzbereich oder sog. Mikrowellenbereich erzeugt, die durch eine Hochfrequenzleitung übertragen wird, die ebenso einen Fluidstrom aufnimmt. Die Bezeichnung "Mikrowelle" wird in dieser Beschreibung verwendet, um alle derartigen Frequenzen zu umfassen. Die komplexe Impedanz des Netzes der Übertragungsleitung variiert mit der Konzentration eines Fluids in einem anderen, um die Betriebsfrequenz des Oszillators zu ändern, diese Frequenz kann gemessen werden und mit einer bekannten Frequenz verglichen werden, um die Konzentration eines Fluids aus Referenzdaten zu bestimmen. Insbesondere kann die Übertragungsleitung einen zentralen Leiter mit einem äußeren Mantel bzw. einem Außen-

mantel oder einer Außenschicht beinhalten, der aus einem Material ausgebildet ist, das dielektrische Charakteristiken aufweist, die von der Art sind, daß sie ein Kurzschließen des leitenden Pfades zwischen dem zentralen Leiter und dem Außenleiter bei einem ungewünschten Ort in der Übertragungsleitung verhindern. Der Mantel wird vorzugsweise aus einem nichtmetallischen Material gebildet, das eine niedrige dielektrische Verlustfaktor-Charakteristik aufweist. Ein derartiges Material beinhaltet Polypropylen, Fluorkohlenwasserstoff-Kunststoffe und Keramikmaterialien. Wenigstens für den Fall der Verwendung eines Polypropylenmaterials oder eines Materials, das unter der Marke Delrin hergestellt wird, liegt das Verhältnis des Durchmessers des Außenmantels bzw. äußeren Mantels oder der Hülse zu dem Durchmesser des zentralen Leiters des Metalls vorzugsweise zwischen 2 : 1.

Immer noch in Übereinstimmung mit den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren und ein Apparat zur Messung der Zusammensetzung eines Materials, wie z.B. des Wasserinhalts einer Wasser-Öl-Mischung, bereitgestellt, bei welchem die Charakteristiken der Mischung bei einer Änderung von einer Wasser-in-Öl-Emulsion zu einer Öl-in-Wasser-Emulsion festgestellt werden können, um falsche Anzeigen der Konzentration einer der Flüssigkeiten in der anderen zu beseitigen. Insbesondere stellt die bevorzugte Ausführung ein verbessertes Verfahren bereit, um verlässlich zu bestimmen, ob eine Wasser-in-Öl-Mischung oder eine Öl-in-Wasser-Mischung vorliegt, indem bei einer bestimmten Oszillatortreibfrequenz der durch den Apparat erlittene Mikrowellenstrahlungsverlust verglichen wird. Der Apparat kann Richtkoppler enthalten, die in einer solchen Art und Weise angeordnet sind, um so die auf den Meßabschnitt des Apparats einfallende bzw. eingehende Mikrowellenleistung und die reflektierte Mikrowellenleistung zu messen, so daß eine Bestimmung des Leistungsverlustes durchgeführt werden kann.

Die oben beschriebenen Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung zusammen mit deren anderen überragenden Aspekten werden weiter durch Fachleute begrüßt werden, nachdem sie in Verbindung mit der Zeichnung, der detaillierten Beschreibung der beispielhaften Ausführungen, die folgen, gelesen werden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Fig. 1 zeigt eine schematische graphische Darstellung einer bevorzugten Ausführung des Apparats der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 zeigt eine graphische Darstellung, die die Änderung in der Frequenz der Oszillatorschaltung des Apparates als Folge der Konzentrationsänderung einer Substanz, wie z.B. Wasser in einer anderen Substanz, wie z.B. Öl, zeigt und die eine graphische Darstellung umfaßt, die die Änderung des Verlustes an Mikrowellenleistung mit der Änderung in der Konzentration zeigt; und

Fig. 3 zeigt eine schematische graphische Darstellung einer alternativen Ausführung des Apparates der vorliegenden Erfindung.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

In der folgenden Beschreibung werden gleiche Teile in der Beschreibung bzw. Zeichnung durchweg mit denselben Bezugsnummern bezeichnet. Die Figuren der Zeichnung sind in allgemein schematischer Form bzw. Gestalt und gewisse herkömmliche oder kommerziell erhältliche Elemente sind nur in der Gestalt eines Blockschaltbildes gezeigt, und zwar im Interesse der Klarheit und Knaptheit.

Bezugnehmend auf Fig. 1 ist dort eine graphische Darstellung eines Apparats zur Messung der Konzentration einer Substanz oder eines Materials, wie z.B. Wasser, in einer anderen Substanz oder einem anderen Material, wie z.B. Rohöl gezeigt, die als ein Strom einer Flüssigkeitsmischung durch eine Rohrleitung übertragen wird. Der Apparat wird im allgemeinen durch das Zahlenzeichen bzw. durch die Nummer 10 bezeichnet und ist besonders an die Verbindung mit einer Fluidübertragungsrohrleitung 12 zur Abtastung des Rohrleitungsstroms bzw. zur Entnahme von Proben aus dem Rohrleitungsstrom angepaßt. Wahlweise kann der Apparat 10 Teil der Rohrleitung werden. Der Apparat 10 enthält einen Abschnitt 14 zur Führung und Messung des Fluidflusses mit einem äußeren Rohrabschnitt 16, der voneinander beabstandete Rohr-T-Abschnitte 18 umfaßt, die herkömmliche Flanschabschnitte 20 aufweisen, die darauf zur Verbindung mit den Abzweigleitungsabschnitten der Rohrleitung 12 ausgebildet sind. Die Meßeinrichtung 14 umfaßt eine koaxiale Übertragungsleitung, die einen zentralen Leiter 22 umfaßt, der vorzugsweise aus einem Metall, wie z.B. Edelstahl, gebildet ist, der sich zwischen an gegenüberliegenden Enden liegenden Tragteilen 24 und 26 erstreckt, die in der Patentanmeldung, auf die oben Bezug genommen wurde, genau beschrieben sind. Der zentrale Leiter 22 umfaßt vorzugsweise ein im allgemeinen zylindrisches Stangenglied oder Röhrenglied, das koaxial in dem Rohr bzw. der Leitung 16 angeordnet ist und mit einem äußeren Mantel 27 versehen ist, der aus einem Material gebildet ist, das einen relativ niedrigen dielektrischen Verlustfaktor, vorzugsweise weniger als 0,1 bei einer Frequenz von 1,0 GHz, aufweist. Der Mantel 27 weist vorzugsweise einen relativ leicht herstellenden Kunststoff, wie z.B. Polypropylen, einen Kunststoff, der unter der Marke Delrin verkauft wird oder einen der Fluorkohlenwasserstoff-Kunststoffe auf. Wahlweise können gewisse Keramiken oder andere Materialien für den äußeren Mantel 27 verwendet werden, solange es sich dabei um dielektrische Materialien mit geringem Verlustfaktor

handelt. Die Passung zwischen dem äußeren Mantel 27 und dem Zentraleleiter 22 ist vorzugsweise eine Preßpassung oder eine Leitung-an-Leitung-Passung bzw. eine Passung, bei der sich die Leitungen berühren, obwohl ein gewisses Spiel erlaubt werden kann, solange ein Fluidfluß zwischen dem zentralen Leiter und dem äußeren Mantel verhindert wird. Bei einem Apparat, wo der zentrale Leiter einen Durchmesser von 6,35 mm (0,25 Inch) aufweist, ist der Außendurchmesser des Mantels 27 vorzugsweise wenigstens ungefähr 12,7 mm (0,5 Inch) oder wahlweise liegt ein Verhältnis des Außendurchmessers des Mantels zu dem Außendurchmesser des zentralen Leiters in einem Bereich von ungefähr 2:1.

Wenn ein Mantel 27 vorgesehen ist, der aus einem der oben beschriebenen Materialien und in den beschriebenen Proportionen bzw. Verhältnissen ausgebildet ist, wurde festgestellt, daß die elektrische Schaltung für das Ausbreiten bzw. Propagieren der Mikrowellenstrahlung durch den Apparat 22 eine Signalauflösungscharakteristik hoher Qualität in Flüssigkeitsmischungen aus Öl und Wasser beibehält, z.B. dort, wo der Wasseranteil relativ hoch ist, d.h. in der Größenordnung von mehr als 5 bis 10 Vol.-%. Wird der zentrale Leiter in dieser Art angeordnet, hält die Schaltung, die dem Apparat 10 zugeordnet ist und im folgenden beschrieben ist, eine gute Feldintensität oder verhindert ein Kurzschließen des zentralen Leiters mit dem Außenleiter an einem unerwünschten Ort, hält die Oszillatorschaltung ihre guten lastziehenden Eigenschaften bei einer guten Auflösung der Phase und stellt die Grenzschicht zwischen dem Mantel 27 und dem Fluid in dem Rohr 16 ein neues Medium für die Ausbreitung bzw. für das Propagieren dar, das wünschenswerte Betriebscharakteristiken aufweist.

Wenn der Apparat 10 mit einer Flüssigkeitszusammensetzung betrieben wird, wie einen hohen Wasseranteil oder eine sog. Wasser-Dispersionsphase, ist die Leitfähigkeit der

Zusammensetzung hoch im Vergleich zu einem guten Dielektrikum, aber niedrig im Vergleich zu einem guten Leiter und natürlich ist die Flüssigkeitszusammensetzung bzw. Mischung in direktem Kontakt mit den Wandflächen des Meßabschnittes 14, der den zentralen Leiter enthält. Der isolierende Mantel 27 verhindert, daß die Hochfrequenz-(HF)-Energie sofort an dem Punkt kurzgeschlossen wird, wo die HF-Energie in den Meßabschnitt eintritt oder wo der Fluid-Querschnitt anfängt. Darüber hinaus wird der Mantel 27 nun zu dem primären Bereich, wo das HF-Feld sich mit dem leitenden Fluid ausbreitet, das eine Pseudo-Außenwand des Meßabschnittes anstelle der Wand des Rohrs 16 wird. Die querschnittsmäßige Messung der Wasser-in-Öl-Mischung wird aufgrund der großen Skin-Tiefe der Mikrowellen- oder HF-Energie bei der Betriebsfrequenz erhalten. Diese Skin-Tiefe ist durch das Wasser, als dem leitenden Medium der äußeren Hälfte der koaxialen Übertragungsleitung, die durch den Meßabschnitt gebildet wird, groß. Die dielektrische Struktur bildet nun der Mantel 27. Die Eigenschaften der propagierenden bzw. sich ausbreitenden HF-Energie stellt immer noch den sich ändernden Anteil des Öls im Wasser dar und dies steht mit der Verstimmung des unisolierten Oszillators in Beziehung, der im folgenden beschrieben wird. Der Mantel 27 muß dick genug sein, um eine vernünftige koaxiale Impedanz aufrechtzuerhalten, um in der Lage zu sein, die HF-Energie in den Meßabschnitt 14 auszubreiten und eine Fähigkeit zum Messen aufrechtzuerhalten. Ein sehr dünner dielektrischer Überzug auf dem zentralen Leiter 22 wird bei einer Flüssigkeitsmischung mit hohem Wasseranteil eine sehr niedrige Impedanz zur Folge haben und deshalb würde die HF-Energie an der Fluid-Grenzfläche reflektiert werden.

HF-Energie propagiert nicht im Inneren eines guten Leiters. Der Leiter leitet die elektromagnetischen Wellen. Die Energie wandert in dem Bereich zwischen den Leitern in einem koaxialen Übertragungssystem mit einem guten Dielek-

trikum. Die Ströme, die sich an den Oberflächen des Leiters ausbilden, breiten sich in dem Leiter in einer Richtung senkrecht zu der Richtung der Stromdichte aus. Die Stromdichte oder die Intensität des elektrischen Feldes, die sich an der Oberfläche eines guten Leiters ausbildet, nimmt stark ab, und zwar in einer in den Leiter hineingerichteten Blickrichtung. Wenn der Leiter einen Widerstand aufweist oder eine geringe Leitfähigkeit, nimmt diese Tiefe in den Leiter hinein stark ab. Dieses Phänomen ist in dem Fachgebiet als Skin-Tiefe bekannt.

Wie in der Fig. 1 gezeigt, erstreckt sich der zentrale Leiter 22 durch gegenüberliegende End-Blockglieder 29, die ebenso vorzugsweise aus einem relativ hochisolierenden Material, wie z.B. einem Fluorkohlenwasserstoff-Kunststoff, ausgebildet sind, und die End-Steckerabschnitte sind in einer Art und Weise aufgebaut, die zu der Patentanmeldung ähnlich ist, auf die oben verwiesen wurde.

Der Meßabschnitt 14 ist betriebsmäßig mit einer Hochfrequenz-(HF)- oder sog. Mikrowellen-Energiequelle verbunden, die einen ungepufferten oder nichtisolierten, freilaufenden Oszillatator aufweist, der im allgemeinen durch die Nummer bzw. Ziffer 30 bezeichnet ist. Der Oszillatator 30 beinhaltet eine aktive Schaltung 32, die betriebsmäßig mit einer Abstimmschaltung 34 und einer Netzschaltung 36 zur Impedanzanpassung verbunden ist. Die Schaltung 32 ist angepaßt, um eine konstante DC-Spannung,  $V_c$ , aus einer nicht gezeigten Quelle und über eine Filterschaltung 38 aufzunehmen. Die Abstimmschaltung 34 ist ebenso angepaßt, um eine regelbare DC-Spannung,  $V_t$ , aus einer anderen nicht gezeigten Quelle mittels einer zweiten Filterschaltung 40 aufzunehmen. Der Oszillatator 30 hat eine nennenswerte Eigenschaft bezüglich des Lastziehens. Die Grund-Betriebsfrequenz des Oszillators ändert sich, wenn sich die komplexe Last an der Ausgangsschaltung des Oszillators ändert. Der Oszillatator 30 ist

vorzugsweise von einer kommerziell erhältlichen Art, wie z.B. der spannungsgesteuerte Oszillator Modell VTO8030 von der Avantek Company, Santa Clara, Kalifornien. Der beispielhafte Oszillator 30 hat eine maximale lastziehende Eigenschaft von ungefähr 35 MHz bei einer nominalen Betriebsfrequenz von 200 MHz in allen Phasen eines Kurzschlusses an dem Ende eines 50-Ohm-Wellenstreckers (ungefähr 0,5 dB Echodämpfung). Der Oszillator 30 ist betriebsmäßig mit dem Meßabschnitt 14 des Apparats durch ein geeignetes Anschlußteil bzw. einen geeigneten Stecker 44, der sich in einem elektrisch leitenden Eingriff mit dem zentralen Leiter 22 an dem Endteil 24 befindet, und an dem anderen Ende des zentralen Leiters 22 durch ein zweites Anschlußteil bzw. einen zweiten Stecker 44, einen Widerstand 46 und mit dem äußeren Leiter oder Rohr 16, wie gezeigt, verbunden. Das Endteil 26 ist ebenso angepaßt, um den zentralen Leiter 22 mit einem 10-DB-Richtkoppler 48a zu verbinden, der betrieben werden kann, um die Mikrowellenenergie oder -leistung abzutasten, die durch den koaxialen Meßabschnitt 14 übertragen wird. Der Koppler 48a ist mit einem Leistungsaufteiler bzw. Leistungs-Signalwegteiler 49 verbunden, der an einer Leistungsfühleinrichtung 50a angeschlossen ist. Der Richtkoppler 48a kann von einer Art sein, wie das von der Minicircuits Company aus Brooklyn, New York, hergestellte Modell ZED-15-2B. Der Leistungsaufteiler 49 kann von der Art ZFSC-2-2 sein, der ebenfalls bei Minicircuits hergestellt wird. Der Leistungssensor 50 kann von der Art des 437B sein, der von Hewlett Packard aus Sunnyvale, Kalifornien, hergestellt wird.

Ein zweiter Richtkoppler 48b ist zwischen dem Endteil 24 und dem Oszillator 30 angeordnet und ist an dem zweiten Leistungssensor bzw. -fühleinrichtung 50b angeschlossen. Die Richtkoppler 48a und 48b können denselben Aufbau aufweisen. Der Koppler 48a ist an dem Leistungsaufteiler bzw. Leistungssignalwegteiler 49 angeschlossen, der ein Ausgangssignal bereitstellt, das mittels eines Verstär-

kers 56 verstärkt wird. Der Ausgang des Verstärkers 56 ist angepaßt, um als Eingangssignal für einen Frequenzzähler 58 zu dienen, der ebenso angepaßt ist, um an einen Mikroprozessor 60 angeschlossen zu werden. Ein geeignetes digitales Display oder eine geeignete Auslesevorrichtung 62 ist mit dem Mikroprozessor 60 verbunden. Der Verstärker 56 kann von der Art des von der oben erwähnten Minicircuit Company kommerziell erhältlichen Modells ZFL-500 sein. Der Frequenzzähler 58 kann von der Art des Modells 5342A sein, das von der Hewlett Packard Company hergestellt wird, und der Mikroprozessor 60 kann von der Art 9836 von Hewlett Packard sein. Das in der Fig. 1 beschriebene System beinhaltet vorzugsweise eine Temperaturausgleichsschaltung, die ein Thermoelement 63 enthält, das betriebsmäßig mit einer Wandlerschaltung 65 verbunden ist, um ein geeignetes digitales Signal an den Mikroprozessor 60 zu liefern.

Im Betrieb verursacht die sich ändernde dielektrische Konstante, die durch das Material, das durch den Meßabschnitt 14 fließt, dargestellt wird, und die z.B. durch das Vorliegen einer Flüssigkeitsmischung, z.B. einer sich ändernden Menge an Wasser in Öl oder Öl in Wasser verursacht wird, den Oszillator 30 seine Betriebsfrequenz über ein, verglichen mit der nominalen Betriebsfrequenz des Oszillators, relativ enges Frequenzband zu ändern. Zum Beispiel kann der Oszillator 30 in einer bevorzugten Ausgestaltung von seiner nominalen Betriebsfrequenz über einen Bereich von ungefähr 20 MHz durch eine sich ändernde dielektrische Konstante des durch den Meßabschnitt 14 fließenden Mediums gezogen bzw. abgeändert werden.

Bezugnehmend auf die Fig. 2 zeigen die zwei gezeigten Diagramme die Kennlinien für die Änderung in der Oszillatortreibsfrequenz als eine Funktion der Wasserkonzentration in einem Öl, wie z.B. Rohöl. Die graphische Darstellung der Fig. 2 soll von einer etwas allgemeinen Natur

sein und die Abszisse der beiden Graphen sollen nicht auf irgendwelche bestimmte numerische Werte hinweisen. Jedoch wird die Betriebsfrequenz des Oszillators 30 als eine Funktion des Prozentsatzes an Wasser in einer Wasser-Öl-Mischung durch die Kurve oder Linie 70 angezeigt. Zum Beispiel würde bei einem Prozentsatz an Wasser, der nahe bei Null liegt, die Betriebsfrequenz des Oszillators 30 durch den Punkt 72 angezeigt werden und, wenn der Prozentsatz an Wasser in einer Wasser-Rohöl-Mischung bis ungefähr 50% des Gesamtvolumens ansteigt, liegt das Wasser aus Experimenten als eine Emulsion in einer Ölflüssigkeit vor. In einem Konzentrationsbereich von ungefähr 50% bis 86% Wasser kann eine Inversion auftreten, bei welcher die Emulsion eher eine Öl-in-Wasser-Emulsion ist als eine Wasser-in-Öl-Emulsion. Oberhalb 86% Wasser gilt nahezu allgemein, daß die Emulsion eine Öl-in-Wasser-Emulsion ist. Eine leichte Zunahme in der Steigung der Kurve 70 tritt über dem Abschnitt 73 in dem Bereich von 86% bis 100% Wasser in der Flüssigkeitsmischung, die gemessen wird, auf. Es wurde beobachtet, daß, wenn man die Wasserkonzentration in einer Wasser-Öl-Mischung erhöht, die Eigenschaft bzw. die Charakteristik der Frequenzänderung durch die Kurve 70 angezeigt wird. Jedoch folgt die Änderung in der Betriebsfrequenz des Oszillators in Fällen, wo eine relativ hohe Konzentration an Wasser in der zu Beginn vorliegenden Flüssigkeit vorliegt, die dann aber abnimmt, und/oder bei denen eine Öl-in-Wasser-Emulsion vorliegt, einer Kurve 74, die durch die gestrichelte Linie in dem Diagramm angezeigt ist, in dem die Frequenz gegenüber dem Prozentsatz an Wasser aufgetragen ist. Die gestrichelte Linie folgt der Steigung, die in dem Diagramm angedeutet ist, wo die Wassermenge ungefähr gleich 36 Vol.-% der Mischung ist und wobei die Steigung der Kurve sich ändert, um der Linie 76 zu einem Punkt zu folgen, wo sie die Kurve 70, wie bei 78 gezeigt, schneidet. Entsprechend wurde beobachtet, daß mit sich ändernden Bedingungen einer Flüssigkeitsmischung, die z.B. Wasser und Öl aufweist, eine Frequenzmes-

sung alleine als ein Hinweis auf den Prozentsatz an Wasser in der Mischung unverlässlich sein kann, da in dem Bereich von ungefähr 20 Vol.-% bis 86 Vol.-% Wasser in der Mischung mehr als eine Frequenz durch den Apparat 14 angezeigt werden kann.

Es wurde jedoch in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung entdeckt, daß es ebenso eine Änderung in dem Leistungsverlust der Mikrowellenstrahlung durch den Meßabschnitt 14 als eine Funktion der Bedingung, wonach es entweder eine Wasser-in-Öl-Mischung oder eine Öl-in-Wasser-Mischung gibt. Sieht man auf das Diagramm, das die Frequenz in der Abszisse gegenüber dem Mikrowellenstrahlungsverlust in der Ordinate darstellt, so weist die durchgezogene Kurve 80 auf den Leistungsverlust durch den Meßabschnitt 14 für eine Wasser-in-Öl-Bedingung von dem Punkt 82 zu dem Punkt 84, 86 hin. Die gestrichelte Linie 88 in dem Diagramm, in dem die Frequenz gegenüber dem Leistungsverlust aufgetragen ist, zeigt den Leistungsverlust für eine Bedingung an, bei der die Mischung im wesentlichen eine Öl-in-Wasser-Emulsion ist.

Entsprechend kann während des Betriebes des Systems 10 die einfallende bzw. eingehende Leistung, die bei der Leistungsfühleinrichtung bzw. bei dem Leistungssensor 50b als Eingangssignal für den Meßabschnitt 14 gefühlt wird, überwacht werden und die übertragene Leistung, wie sie durch den Leistungssensor 50a bestimmt wird, kann ebenso überwacht werden. Der Unterschied zwischen den Anzeigen dieser Leistungssensoren bzw. Leistungsfühleinrichtungen wird dann gemessen, um den Leistungsverlust bei einer bestimmten Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung 30 zu bestimmen. In dem der Mikrowellenstrahlungsverlust bestimmt wird, kann eine Charakteristik bzw. Eigenschaft des analysierten Materials, wie z.B. in einer Wasser-Öl-Mischung, die Bedingung, wonach eine Wasser-in-Öl- oder Öl-in-Wasser-Emulsion vor-

liegt, bestimmt bzw. bemerkt werden. Zum Beispiel wird es bei einer Betriebsfrequenz von  $F_a$ , falls der Leistungsverlust dem durch die Kurve 88 bei dem Punkt 89 angezeigten Verlust entspricht, angezeigt, daß eine Öl-in-Wasser-Mischung vorliegt bzw. existiert. Sieht man sich entsprechend für dieselbe Frequenz das Diagramm Frequenz  $F_a$  gegenüber Prozentsatz an Wasser an, so ist gezeigt, daß ungefähr 30% Wasser vorliegt. Auf der anderen Seite ist es bei einer Betriebsfrequenz  $F_a$ , falls der Leistungsverlust jenem durch die Kurve 80 bei einem Punkt 81 angezeigten entspricht, bekannt, daß ein viel höherer Prozentsatz an Wasser in einer sog. Wasser-in-Öl-Mischung vorliegt und daß dieser dem Prozentsatz an Wasser entspricht, der durch den Punkt 71 auf der Linie 70 für die Betriebsfrequenz  $F_a$  angezeigt ist.

Nimmt man nun auf die Fig. 3 Bezug, so ist dort eine alternative Ausführung eines Meßapparates in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung gezeigt und im allgemeinen mit der Nummer bzw. der Ziffer 100 bezeichnet. Der Apparat 100 beinhaltet ebenso einen Meßabschnitt 102, der durch einen äußeren Leiter bzw. Außenleiter und Rohr 16, einen zentralen Leiter 104 und einen äußeren Mantel bzw. Außenmantel 27 für den zentralen Leiter ausgebildet ist. Der Apparat 100 beinhaltet ein Endteil 24, das an dem Rohr 16 zusammen mit dem T-Abschnitt 18 des Rohrs und Flanschen 20 angeschlossen ist, wie er für den Meßabschnitt 14 des Apparates vorgesehen sind.

Der Apparat 100 unterscheidet sich von dem Apparat 10 in erster Linie in bezug auf das Ende des Meßabschnittes, das dem Endteil 24 gegenüberliegt. Wie gezeigt, endet der zentrale Leiter 104 in einem Steckerglied 110, das einen integralen bzw. einstückigen Flanschabschnitt 112 aufweist, der geeignet an dem T-Abschnitt 18, z.B. durch Schweißen oder andere herkömmliche Mittel befestigt ist. Der Endstecker 110 besteht aus einer hochleitenden Materialart, um

einen Kurzschluß zwischen dem zentralen Leiter 104 und dem Rohr 16 zu bilden.

Die Oszillatorschaltung 30 ist geeignet mit den Richtungskopplern 48a und 48b verbunden, die angeordnet sind, um die einfallende bzw. eingehende Leistung, die zu dem Meßabschnitt 102 übertragen wird und die reflektierte Leistung, die aus dem Meßabschnitt 102 zurückkommt bzw. reflektiert wird, zu messen. Ein Leistungsaufteiler bzw. Leistungssignalwegteiler 49 befindet sich in einem Schaltkreis mit dem Koppler 48a und ein Leistungssensor 50a ist angepaßt, um die eingehende bzw. einfallende Leistung zu messen, die zu dem Meßabschnitt 102 übertragen wird. In ähnlicher Weise ist ein Leistungssensor 50b betriebsmäßig an den Richtkoppler 48b angekoppelt, um die reflektierte Leistung zu messen. Die Änderung in der Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung 30 wird durch die Schaltung gefühlt bzw. gemessen, die den Verstärker 56, den Frequenzzähler 58, den Mikroprozessor 60 und die Anzeige- bzw. Displayvorrichtung 62 beinhaltet, wie bereits unter Bezug auf die Fig. 1 beschrieben.

Der Betrieb des Apparats 10 und des Apparats 100 sind im wesentlichen gleich. Indem man die Oszillatorbetriebsfrequenz der Schaltung 30 über einen Frequenzbereich ablenkt bzw. wobbelt, der für das bestimmte gemessene Material geeignet ist, und zwar einschließlich des maximalen Bereichs der Anteilzusammensetzung, wird eine Änderung in der Betriebsfrequenz durch die Schaltung 56, 58, 60, 62 gemessen bzw. festgestellt. Die Frequenz, die durch den Zähler 58 gezählt wird, kann mit den Frequenzdaten verglichen werden, die in dem Mikroprozessor 60 gespeichert sind und die einem Prozentbereich eines Mediums in einem anderen, wie z.B. Wasser in Öl oder Öl in Wasser, entspricht. Gleichzeitig bzw. begleitend mit der Änderung der Betriebsfrequenz kann die Charakteristik des Leistungsverlustes des Meßab-

schnittes 14 und 102 gemessen werden, indem die Leistung bei den Leistungssensoren 50a und 50b für eine bestimmte Betriebsfrequenz verglichen wird und indem auf das Diagramm Bezug genommen wird, wonach die Frequenz gegenüber dem Mischungsanteil und die Frequenz über den Leistungsanteil aufgetragen ist, um zu bestimmen, ob in dem Fall einer Wasser-Öl-Mischung eine Wasser-in-Öl-Bedingungen vorliegt oder eine Öl-in-Wasser-Bedingung vorliegt, und wonach der Prozentsatz des einen in dem anderen bestimmt werden kann. Die Diagramme bzw. graphischen Darstellungen der Fig. 2 können natürlich in einer für einen geeigneten Computer zugänglichen digitalen Datenbasis vorliegen.

Obwohl bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung hierin im Detail beschrieben worden sind, werden jene Fachleute erkennen, daß verschiedene Ersetzungen und Modifikationen an dem beschriebenen Verfahren und dem beschriebenen Apparat vorgenommen werden können, ohne von dem Umfang der Erfindung, wie er durch die beigefügten Ansprüche festgelegt ist, abzuweichen.

90 911 338.3

EP 0 478 699

### Ansprüche

1. Apparat zum Messen einer Eigenschaft einer Zusammensetzung von Materie, der die Änderung von Mikrowellenstrahlungscharakteristiken verwendet, und der folgendes aufweist:

eine Einrichtung, die einen Meßabschnitt bildet (14), der eine Einrichtung aufweist, um Mikrowellenstrahlung dort hindurch zu übertragen;

eine Oszillatorschaltung (30), die betriebsmäßig mit der Einrichtung zur Übertragung von Mikrowellenstrahlung verbunden ist und die eine Betriebsfrequenz aufweist, die sich mit einer Änderung in der komplexen Impedanz der Oszillatorlast ändert, die die Eigenschaften der Zusammensetzung der Materie in dem Meßabschnitt beinhaltet; und der gekennzeichnet ist durch

eine Einrichtung (58) zur Messung der Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung, wie sie durch die Eigenschaft geändert wird; und der gekennzeichnet ist durch

eine Einrichtung (50a) zur Messung des Leistungsverlustes der Mikrowellenstrahlung in dem Meßabschnitt bei der Betriebsfrequenz;

wobei die Betriebsfrequenz oder deren Änderung und der Leistungsverlust bei der Betriebsfrequenz mit deren Referenzwerten für eine bekannte Bedingung der Zusammensetzung der Materie verglichen werden, um die Eigenschaft zu bestimmen.

2. Apparat nach Anspruch 1, bei welchem die Eigenschaft die Konzentration eines Fluids, wie z.B. Wasser, in einer Fluidmischung ist bzw. darstellt, welche ein anderes Fluid, wie z.B. Öl, beinhaltet; die Einrichtung bildet einen Meßabschnitt, der eine koaxiale Mikrowellenübertragungsleitung aufweist, die einen Außenleiter, der ein Rohr (16) für die Fluidmischung aufweist, und einen zentralen Leiter (22), der sich innerhalb des Rohrs erstreckt, beinhaltet.
3. Apparat nach Anspruch 2, der einen Mantel (27) um den zentralen Leiter herum aufweist und der einen niedrigen dielektrischen Verlustfaktor aufweist, um so die Begrenzung eines elektrischen Feldes zu minimieren, das sich aufgrund der Leitfähigkeit der Fluidmischung durch die Übertragungsleitung ausbreitet.
4. Apparat nach Anspruch 3, bei welchem die Einrichtung, die den Mantel (27) ausbildet, ein Material aufweist, das aus einem Polypropylenkunststoff, einem Fluorkohlenwasserstoff-Kunststoff und einem Keramikmaterial ausgewählt ist.
5. Apparat nach Anspruch 3 oder 4, bei welchem die Einrichtung, die den Mantel ausbildet, einen dielektrischen Verlustfaktor von weniger als ungefähr 0,1 bei 1,0 GHz aufweist.
6. Apparat nach Anspruch 4, bei welchem der zentrale Leiter (22) und der Mantel (27) zylindrisch sind und der Durchmesser des Mantels in etwa das doppelte des Durchmessers des zentralen Leiters beträgt.
7. Apparat nach irgendeinem der vorgehenden Ansprüche, bei welchem die Oszillatorschaltung einen nicht-entkoppelten Oszillator (32) beinhaltet, der betriebsbereit mit dem Meßabschnitt verbunden ist.

8. Apparat nach Anspruch 7, bei welchem der Oszillator (32) ein freilaufender spannungsgesteuerter Oszillator ist.
9. Apparat nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Einrichtung zur Messung des Mikrowellenstrahlungs-Leistungsverlustes einen ersten Richtungskoppler (48b), der zwischen der Oszillatorschaltung (30) und dem Meßabschnitt zwischengeschaltet ist, und eine Leistungsfühleinrichtung (50b), die betriebsmäßig an den ersten Richtungskoppler angeschlossen ist, beinhaltet; und  
einen zweiten Richtungskoppler (48a) aufweist, der zwischen dem Meßabschnitt und eine Einrichtung (58) zur Messung der Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung zwischengeschaltet ist, und eine Leistungsfühleinrichtung (50a), die betriebsmäßig an den Richtungskoppler angeschlossen ist, um die Leistung zu messen, die durch den Meßabschnitt übertragen wird.
10. Apparat nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, bei welchem die Einrichtung zur Bestimmung des Leistungsverlustes erste und zweite Richtungskoppler (48a, 48b) beinhaltet, die sich im Stromkreis mit der Oszillatorschaltung (30) bzw. dem Meßabschnitt (14) befinden.
11. Apparat nach Anspruch 10, bei welchem die Einrichtung (58) zur Messung der Betriebsfrequenz der Oszillatorschaltung betriebsmäßig an den ersten Richtungskoppler angeschlossen ist.
12. Apparat nach Anspruch 11, der Leistungsfühleinrichtungen (50b) beinhaltet, die betriebsmäßig an den ersten Richtungskoppler zur Messung der einfallenden bzw. einlaufenden Leistung angeschlossen ist, die auf den Meßabschnitt durch die Oszillatorschaltung aufgebracht wird.

13. Apparat nach irgendeinem der Ansprüche 10 bis 12, der eine Leistungsfühleinrichtung (50a) beinhaltet, die betriebsmäßig an den zweiten Richtungskoppler zur Messung der reflektierten Leistung der Mikrowellenstrahlung angeschlossen ist, die von dem Meßabschnitt übertragen wird.

14. Apparat nach irgendeinem der Ansprüche 10 bis 13, bei welchem der zentrale Leiter (22) sich in einem elektrisch leitenden Eingriff mit dem Rohr an einem Ende des Meßabschnittes befindet.

15. Verfahren zur Bestimmung einer Eigenschaft einer Zusammensetzung von Materie, die die Änderung von Mikrowellenstrahlungscharakteristiken verwendet und die folgenden Schritte aufweist:

die Materie wird in einem Meßabschnitt angeordnet, der eine Einrichtung aufweist, um Mikrowellenstrahlung dadurch zu übertragen;

Mikrowellenstrahlung wird mittels einer Oszillatorschaltung bei einer Frequenz erzeugt und durch den Meßabschnitt übertragen, die sich mit einer Änderung in der komplexen Impedanz der Oszillatorlast ändert, die die Eigenschaften der Zusammensetzung der Materie in dem Meßabschnitt beinhaltet;

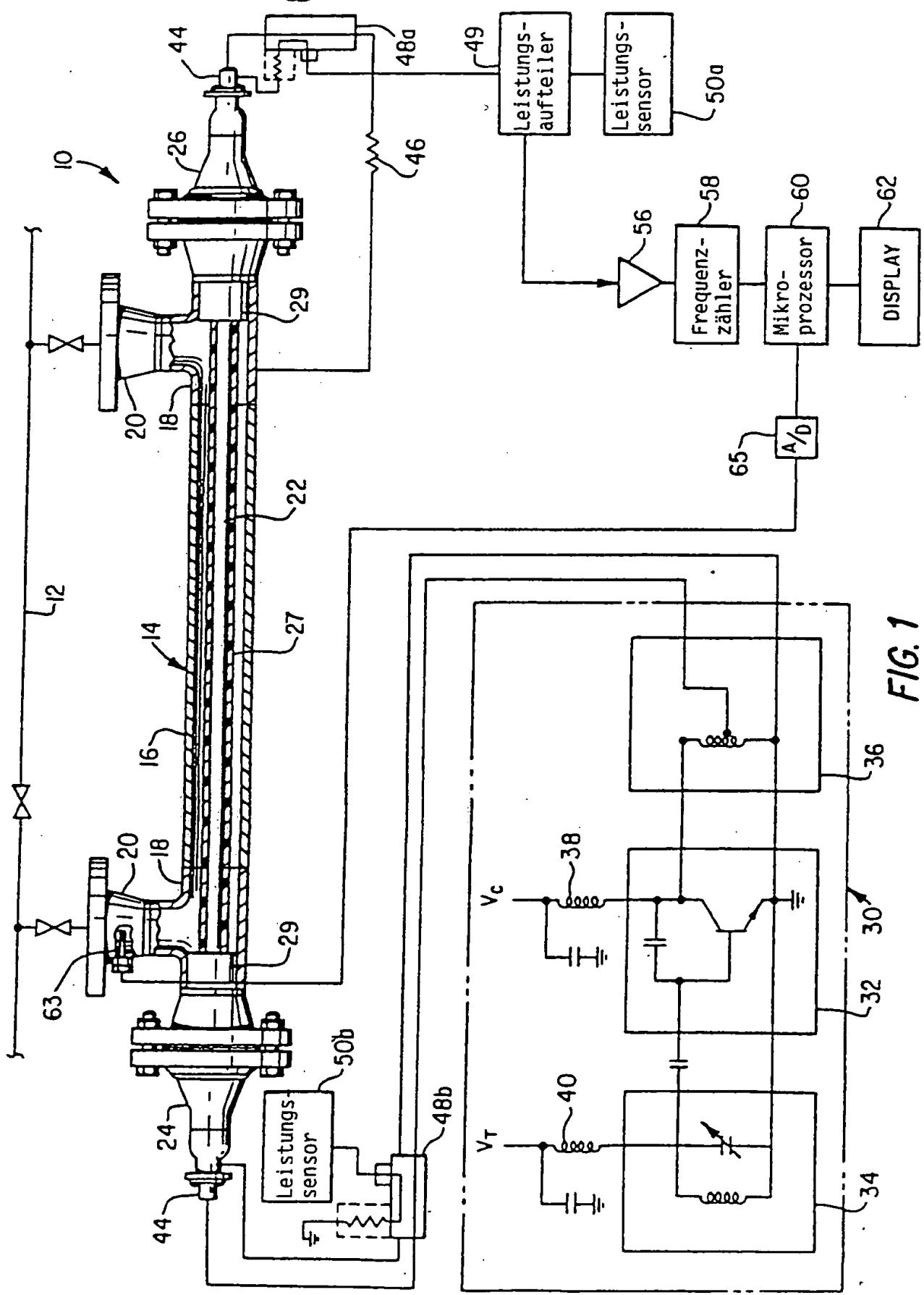
die Betriebsfrequenz, wie sie sich durch die Eigenschaft verändert, und der Leistungsverlust in dem Meßabschnitt bei der Betriebsfrequenz werden gemessen;

die Betriebsfrequenz oder deren Änderung und der Leistungsverlust bei der Betriebsfrequenz werden mit deren Referenzwerten für eine bekannte Bedingung der Zusammensetzung der Materie verglichen, um die Eigenschaft zu bestimmen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei welchem die Zusammensetzung der Materie eine Wasser-Öl-Mischung aufweist, und der Schritt, wonach der Leistungsverlust verglichen wird,

beinhaltet den Vergleich von dem Leistungsverlust mit einem Referenzleistungsverlust, der sich bei einer Wasser-in-Öl-Emulsion zeigt, und einem Referenzleistungsverlust einer Öl-in-Wasser-Emulsion mit einer bestimmten Betriebsfrequenz, um zu bestimmen, welche der Emulsionen in der Mischung vorliegt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem die Änderung in der Betriebsfrequenz als ein Maß der Konzentration des Wassers in Öl oder umgekehrt verwendet wird.



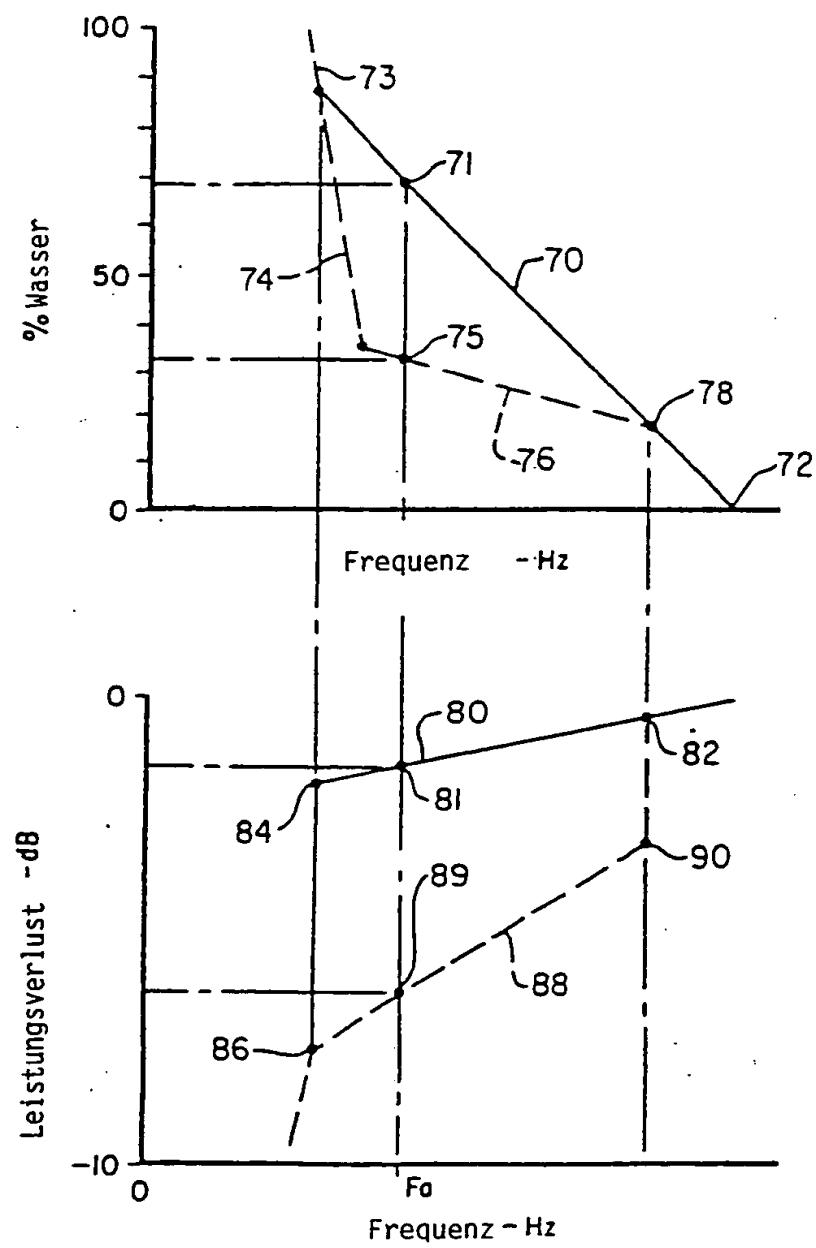


FIG. 2

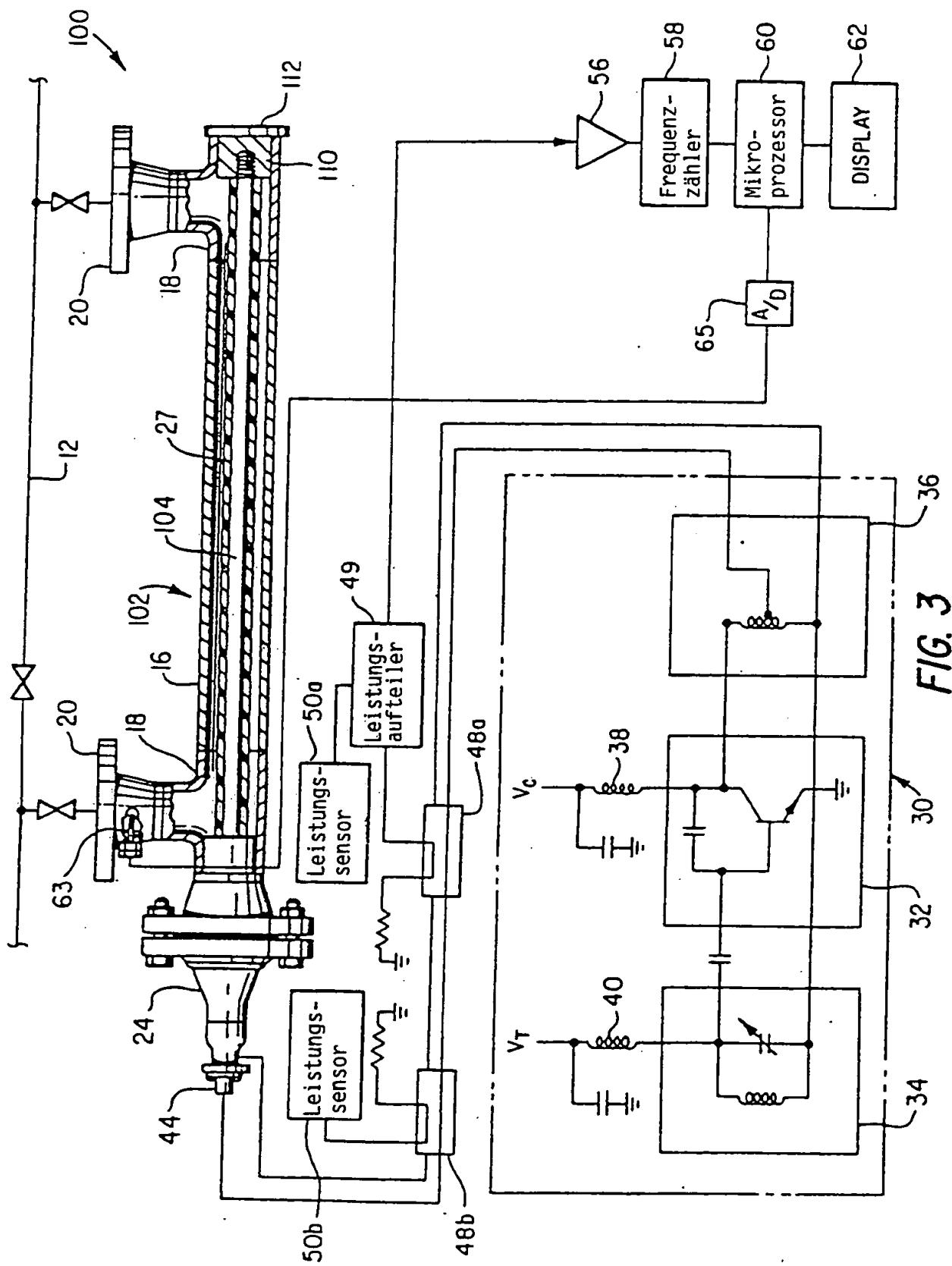


FIG. 3

